

# PEMENDAKAN KERAK DI DALAM TALIAN PAIP

ISSHAM ISMAIL\*,  
RADZUAN JUNIN & AMAT RASIDI MD. ABIDIN  
Fakulti Kej. Kimia & Kej. Sumber Asli,  
Universiti Teknologi Malaysia,  
81310 UTM Skudai.

## ABSTRAK

Pemendakan kerak pada permukaan dalaman peralatan permukaan dan subpermukaan telah dikenal pasti sebagai punca utama yang kerap menimbulkan masalah kepada pengeluaran minyak. Masalah yang dimaksudkan termasuklah pengurangan pada peralatan dan pengecilan keluasan aliran, yang akhirnya menyebabkan berlakunya pengurangan dalam pengeluaran minyak.

Pengalaman daripada industri berkaitan menunjukkan kebanyakan telaga minyak mengalami masalah pengecilan keluasan aliran yang disebabkan oleh pemendakan kerak yang berlaku pada matriks formasi minyak dan peralatan. Sehubungan itu, pemendakan kerak sering meningkatkan keseluruhan kos operasi kerana penggantian peralatan, penebukan semula selang pengeluaran minyak dan lain-lain kerja semula.

Oleh itu, kertas kerja ini membincangkan tentang kesan tempoh aliran air formasi terhadap pemendakan kerak. Selain itu, nilai indeks pembentukan kerak juga telah digunakan bagi tujuan peramalan pembentukan kerak.

Keputusan kajian menunjukkan berat kerak yang terbentuk meningkat dengan bertambahnya tempoh aliran, dengan kerak kalsium karbonat dan barium sulfat lebih cenderung untuk terbentuk di dalam talian paip.

## PENGENALAN

Dalam industri petroleum, kerak (dalam bahasa Inggeris dikenali sebagai *scale*) yang terhasil daripada proses penghabluran dan pemendakan mineral daripada air, ialah sejenis mendakan yang kerap terbentuk di dalam matriks dan retakan formasi, lubang telaga, peralatan dasar lubang, dan kemudahan di permukaan telaga. Kehadiran kerak kerap menimbulkan masalah seperti berlakunya pengurangan pada peralatan dan pengecilan keluasan aliran, yang akhirnya menyebabkan berlakunya pengurangan dalam pengeluaran minyak. Pemendakan kerak yang serius boleh meningkatkan kos operasi secara keseluruhan kerana penggantian peralatan yang rosak, penebukan semula selang zon pengeluaran, penggerudian semula telaga yang tersumbat oleh kerak dan lain-lain [1].

\* Kertas kerja ini telah dibentang di Malaysian Science and Technology Congress (MSTC) 2000, pada 7-9 November 2000, bertempat di Awana Golf & Country Resort, Genting Highland.

Banyak kajian tentang jenis kerak yang kerap terbentuk, meramal pembentukan kerak, faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan kerak dan lain-lain telah dilakukan [2, 3, 4, 5]. Kajian berkaitan adalah penting kerana masalah pembentukan kerak di dalam talian aliran agak sukar dikesan pada peringkat awal, dan akhirnya akan menimbulkan masalah yang serius sekiranya tindakan pantas gagal dilakukan bagi membendung pembentukan kerak [6].

Sehubungan itu, kertas kerja ini menyentuh tentang suatu hasil kajian di makmal yang melibatkan penggunaan air pengeluaran dari salah sebuah medan minyak di luar pesisir Terengganu. Skop kajian merangkumi peramalan kerak yang cenderung untuk terbentuk di dalam talian, dan juga kesan masa aliran terhadap pemendakan kerak.

## **BAHAN DAN KAEDAH**

Penjelasan dalam bahagian ini mencakupi tiga subbahagian iaitu rig kajian, bahan mentah, dan prosedur uji kaji.

### **Rig Kajian**

Kajian ini melibatkan mereka bentuk dan pembinaan sebuah rig ujian aliran [7]. Rig tersebut (Rajah 1) terdiri daripada beberapa komponen utama iaitu paip aliran PVC yang berdiameter dalaman 1 inci, tangki storan, injap, pengawal suhu, pengaduk, pam magnetik, dan kupon kuprum. Sebanyak empat keping kupon digunakan untuk setiap larian dengan setiap kupon bersaiz 5 cm panjang dan 1.5 cm lebar. Setiap kupon ditebuk sehingga menghasilkan lima lubang yang bersaiz 0.03 mm, dan seterusnya dipasang pada jarak satu kaki antara satu dengan yang lain di sepanjang bahagian ujian.

### **Bahan Mentah**

Bahan yang digunakan dalam kajian ini ialah air formasi yang telah dibekalkan oleh PETRONAS. Air tersebut diambil oleh kakitangan PETRONAS di salah sebuah pelantar minyak yang terletak di luar pesisir Terengganu (PETRONAS telah merahsiakan nama lokasi pensampelan berkaitan). PETRONAS juga tidak memberikan penjelasan terperinci bagaimana pensampelan air dilakukan. Sampel air telah dimasukkan ke dalam 16 tong dan dikedap dengan baik. Sampel air yang digunakan dalam kajian diambil terus dari tong berkaitan tanpa menjalani sebarang rawatan lain.

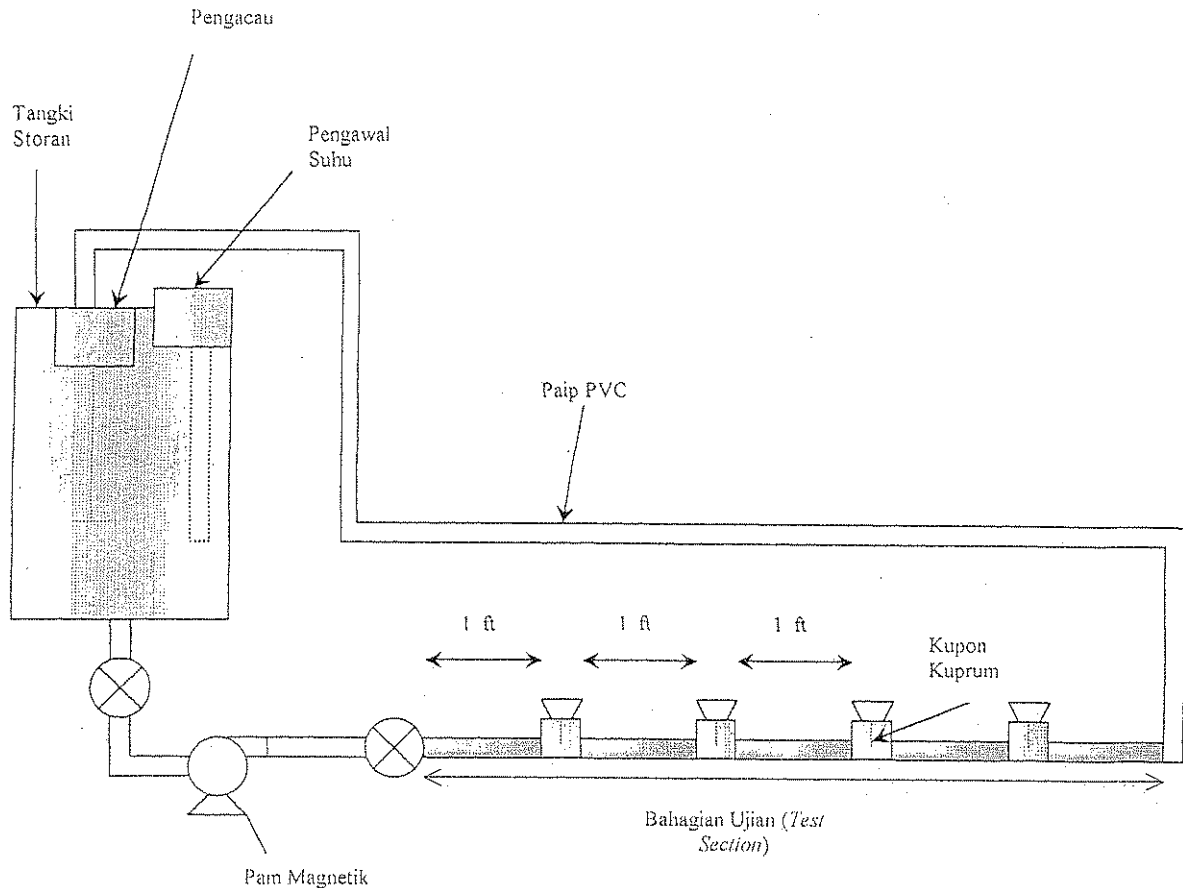
### **Prosedur Uji Kaji**

Keempat-empat kupon tersebut perlu ditimbang terlebih dahulu dan berat yang diperoleh dicatat sebagai  $W_0$  mg. Selepas dipasang pada bahagian ujian, air pengeluaran dan minyak mentah masing-masing berisi padu 6.4 gelen dan 1.6 gelen dimasukkan ke dalam tangki storan. Setkan suhu mengikut nilai yang telah ditentukan. Seterusnya hidupkan pam dan jam randik serentak, dan biarkan campuran cecair tersebut mengalir di dalam sistem pada kadar  $340 \text{ cm}^3/\text{s}$  selama 96 jam, dengan suhu sistem dimalarkan pada suhu  $70^\circ\text{C}$ .

Kupon ditimbang setiap 24 jam untuk mengetahui berat kerak yang termendak. Caranya bermula dengan menghentikan pam pada akhir 24 jam pertama. Selepas itu, keempat-empat kupon berkaitan ditanggalkan dari bahagian ujian dan dicuci dengan toluene. Kemudian semua kupon itu dikeringkan di dalam ketuhar selama 2 jam dengan sistem suhu berada pada  $100^\circ\text{C}$ . Selepas 2 jam, keluar semua kupon dan timbang berat

setiap satu, dan dicatat sebagai  $W_1$  mg. Langkah seterusnya ialah mendapatkan berat purata kerak yang terbentuk pada keempat-empat kupon berkaitan pada akhir 24 jam pertama, iaitu  $W_1 - W_0$ .

Selepas itu, semua kupon dipasang semula pada bahagian dan pam dihidupkan semula supaya sampel bendalir mengalir semula di dalam sistem. Langkah di atas diulangi pada akhir 48 jam, 72 jam, dan 96 jam.



**Rajah 1** Rig ujian aliran

## KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Beberapa keputusan telah diperolehi daripada kajian yang dijalankan. Berikut disertakan keputusan dan perbincangan masing-masing:

### Analisis Kandungan Unsur Air Pengeluaran

Analisis kandungan unsur yang telah dilakukan terhadap sampel air formasi pada suhu bilik dan tekanan atmosfera menunjukkan beberapa unsur utama kation telah dapat dikesan iaitu barium, natrium, dan kalsium, dengan magnesium dan ferum hadir dalam komposisi yang kecil sahaja. Manakala unsur utama anion pula yang dapat dikesan ialah klorida, karbonat, sulfat, dan bikarbonat (Jadual 1). pH air yang tercatat ialah 8.5 dengan total pepejal terlarut ialah 5872.63. Berdasarkan komposisi kation dan anion yang dapat dicerap, terdapat kecenderungan yang tinggi untuk berlakunya permendakan kerak di dalam talian aliran.

**Jadual 1** Komposisi anion dan kation dalam air formasi sebelum uji kaji

Unsur	Kandungan unsur (mg/liter)
Barium	686.06
Kalsium	65.54
Magnesium	16.04
Natrium	3027.16
Ferum	0.03
Bikarbonat	170.80
Karbonat	84.00
Klorida	1495.30
Sulfat	327.60
Total pepejal terlarut	5872.63
pH	8.56

### Kesan Masa Aliran terhadap Pembentukan Kerak

Bila masa aliran ditingkatkan dari 24 jam ke 96 jam, berat kerak didapati turut meningkat. Berpandukan Jadual 2, berat kerak yang terbentuk pada akhir 24 jam ialah 0.0035 gm tetapi telah bertambah kepada 0.0059 gm pada akhir 96 jam. Penambahan berat kerak terhadap masa aliran adalah kerana masa pendedahan kupon kepada air pengeluaran telah dipanjangkan. Sedikit sahaja kerak yang terbentuk pada kupon mungkin disebabkan permukaan kupon yang licin sehingga menyukarkan pemendakan kerak untuk berlaku.

Satu lagi kekangan yang dihadapi dalam kajian ini ialah penggunaan isi padu air formasi yang terhad. Untuk sesuatu uji kaji, air formasi yang sama telah diktirakan misalnya dari 0 jam hingga 96 jam bagi aliran  $340 \text{ cm}^3/\text{s}$  dan suhu  $70^\circ\text{C}$ . Dengan itu, anion dan kation yang cenderung untuk membentuk kerak semakin berkurang dari semasa ke semasa. Sebaik-baiknya air formasi yang berlainan dialirkan melepasi kupon tersebut bagi memperoleh keputusan yang lebih bermakna, tetapi telah dibatasi oleh kesukaran untuk mendapatkan air formasi dari pelantar luar pesisir.

**Jadual 2** Kesan masa aliran terhadap pemendakan kerak bila kadar alir dan suhu masing-masing dimalarkan pada  $340 \text{ cm}^3/\text{s}$  dan  $70^\circ\text{C}$ .

Masa (jam)	Berat kerak (gm)
24	0.0035
48	0.0039
72	0.0058
96	0.0059

### Jenis Kerak yang Terbentuk

Analisis kandungan unsur yang dijalankan terhadap sisa air formasi pada setiap akhir uji kaji 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam (dengan kadar alir dan suhu masing-masing dimalarkan pada  $340 \text{ cm}^3/\text{s}$  dan suhu  $70^\circ\text{C}$  bagi setiap kes) menunjukkan bahawa kation barium dan kalsium telah berkurang nilai masing-masing semakin lama air formasi dialirkan di dalam sistem. Begitu juga dengan anion karbonat dan sulfat yang turut susut kandungannya bila aliran berlarutan hingga 96 jam. Perkara ini boleh dilihat pada Jadual 3 hingga Jadual 6. Dengan itu, terdapat tiga jenis kerak dominan yang berkemungkinan terbentuk pada kupon-kupon yang dipasang di dalam bahagian ujian, iaitu  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ , dan  $\text{CaSO}_4$ .

**Jadual 3** Komposisi anion dan kation dalam air fomasi pada 70°C, kadar alir 340 cm<sup>3</sup>/s, dan ujian aliran selama 24 jam.

Unsur	Kandungan unsur (mg/liter)
Barium	257.00
Kalsium	4.89
Magnesium	23.45
Natrium	4716.82
Ferum	0.10
Bikarbonat	653.92
Karbonat	0.00
Klorida	1332.50
Sulfat	281.60
Total pepejal terlarut	7270.28
pH	8.23

**Jadual 4** Komposisi anion dan kation dalam air fomasi pada 70°C, kadar alir 340 cm<sup>3</sup>/s, dan ujian aliran selama 48 jam.

Unsur	Kandungan unsur (mg/liter)
Barium	260.00
Kalsium	1.43
Magnesium	15.07
Natrium	4509.11
Ferum	0.19
Bikarbonat	636.84
Karbonat	0.00
Klorida	1332.00
Sulfat	257.00
Total pepejal terlarut	7011.64
pH	7.94

**Jadual 5** Komposisi anion dan kation dalam air fomasi pada 70°C, kadar alir 340 cm<sup>3</sup>/s, dan ujian aliran selama 72 jam.

Unsur	Kandungan unsur (mg/liter)
Barium	258.72
Kalsium	1.80
Magnesium	17.02
Natrium	4789.20
Ferum	0.09
Bikarbonat	631.96
Karbonat	0.00
Klorida	1205.80
Sulfat	255.30
Total pepejal terlarut	7160.08
pH	7.60



Jadual 6 Komposisi anion dan kation dalam air formasi pada 70°C, kadar alir 340 cm<sup>3</sup>/s, dan ujian aliran selama 96 jam.

Unsur	Kandungan unsur (mg/liter)
Barium	230.00
Kalsium	1.35
Magnesium	12.62
Natrium	5142.94
Ferum	0.10
Bikarbonat	607.56
Karbonat	0.00
Klorida	1304.60
Sulfat	231.00
Total pepejal terlarut	7530.17
pH	7.48

Bagaimanapun, bila menggunakan persamaan meramal pembentukan kerak seperti Skillman dan rakan-rakan untuk kerak kalsium sulfat, Stiff dan Davis untuk kalsium karbonat dan lain-lain diguna untuk mendapatkan indeks pembentukan kerak, keputusan menunjukkan kerak BaSO<sub>4</sub> dan CaCO<sub>3</sub> lebih cenderung untuk terbentuk di dalam talian aliran. Beberapa kajian juga telah menunjukkan bahawa kedua-dua kerak tersebut kerap dijumpai di medan minyak yang berpengeluaran [2, 3, 6]. CaSO<sub>4</sub> pula tidak menunjukkan kecenderungan untuk membentuk kerak di dalam talian. Fenomenon ini ditunjukkan dalam Jadual 7, yang mana angka dengan tanda positif menunjukkan kerak berkaitan cenderung untuk terbentuk di dalam talian paip.

Jadual 7 Nilai indeks pembentukan kerak pada 70°C, kadar alir 340 cm<sup>3</sup>/s, dan ujian aliran selama 96 jam.

Masa (jam)	Indeks pembentukan kerak		
	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>
24	0.19	-40.32	0.67
48	0.22	-41.29	0.58
72	0.38	-39.30	0.27
96	0.65	-41.31	0.19

Jadual 3 hingga Jadual 6, jika dilihat dengan teliti memberi satu gambaran yang jelas tentang ketidaktekalan data yang diperolehi. Ini adalah kerana semasa pensampelan air formasi, punca air diambil ialah selepas pemisah dengan air terus dimasukkan ke dalam beberapa tong yang berasingan. Dalam perkara ini, wujud ketidakseragaman taburan anion dan kation ketika sampel asas dianalisis. Ketidakseragaman komposisi anion dan kation juga berlaku setiap kali sampel diambil pada setiap akhir uji kaji untuk dilakukan ujian kandungan unsur. Sebagai contoh, sampel air yang dianalisis pada akhir 48 jam mengandungi kation kalsium yang lebih tinggi berbanding sampel yang diambil pada akhir 24 jam. Sehubungan itu, hanya cerapan secara total/keseluruhan sahaja yang boleh dilakukan untuk memperoleh keputusan yang menjadi sasaran.

## KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan menarik telah diperoleh daripada kajian ini, iaitu:

- Tiga kation dalam komposisi yang besar telah dikesan dalam sampel air formasi iaitu barium, natrium, dan kalsium. Magnesium dan Ferum wujud dalam kuantiti yang sangat kecil.
- Tiga anion dalam komposisi yang besar telah dikesan iaitu klorida, karbonat, sulfat, dan bikarbonat.
- Kajian menunjukkan kerak  $\text{BaSO}_4$  dan  $\text{CaCO}_3$  cenderung untuk terbentuk di dalam talian paip, berbanding kerak  $\text{CaSO}_4$ .
- Berat kerak didapati meningkat bila masa aliran bertambah panjang, tetapi pembentukan tidak secara linear.

## RUJUKAN

- [1] Patton, C.C., 1977. Oilfield Water System. Oklahoma: Campbell Petroleum Series.
- [2] Vetter, O.J., 1976. Oilfield Scale—Can We Handle It? Journal of Petroleum Technology.
- [3] Strickland, L.N., 1981. Various Method Used in Evaluating the Quality of Oil Field Waters for Subsurface Injection. *Water for Subsurface Injection*. ASTM STP 735.
- [4] Valone, F.W. dan Skillern, K.R., 1982. An Improved Technique for Predicting the Severity of Calcium Carbonate. *SPE Paper No. 10594*. Dibentangkan di SPE 6<sup>th</sup> International Symposium on Oilfield and Geothermal Chemistry, Dallas, Texas. 25-17 Jan. 1982.
- [5] American Petroleum Institute, 1968. *API Recommended Practice for Analysis of Oilfield Water*. API RP 45. Dallas: Production Department, American Petroleum Institute.
- [6] Allen, T.O. dan Roberts, A.P., 1989. *Production Operations: Well Completions, Workover and Stimulation*. Tulsa: Oil & Gas Consultants.
- [7] Amat Rasidi Md. Abidin, 1999. Peramalan Pembentukan Kerak Di Dalam Talian Paip Permukaan. Tesis Sarjana Muda. Skudai: UTM.